Las Ventajas del ALUMINIO para Puentes Vehiculares y Peatonales

Por: Alexandre de la Chevrotière, IWE, P.Eng. (MAADI Group), *Martin Hartlieb* (Viami International Inc.)

El aluminio es un metal relativamente joven comparado con el hierro o incluso con el acero, pero se utiliza con éxito en muchas aplicaciones. Permite que los aviones vuelen, que los automóviles sean ligeros y - por lo tanto - que ahorren combustible, y que los edificios y las estructuras sean estéticos, sostenibles y duraderos. Es el material que se recicla más fácilmente, el más reciclado y el que ofrece el mayor valor en este proceso. Hasta ahora, para los puentes vehiculares y peatonales, así como para los pasos superiores (sobre autopistas o líneas ferroviarias), el diseño y la construcción a menudo todavía los realiza de la manera tradicional y con los mismos materiales: acero, hormigón y con muy poco aluminio. Cuando se trata de comparar conceptos y materiales tradicionales con otros más innovadores, es común que solo se consideren los costos iniciales de construcción e instalación, mientras que los costos a largo plazo no se toman en cuenta (frecuentemente por falta de conocimiento o información). El acero y el hormigón (y la madera en algunos casos) han sido hasta ahora los materiales más utilizados para la mayoría de los puentes, y algunas experiencias con nuevos materiales como el aluminio, en el siglo pasado, fueron negativas, debido a que entonces el conocimiento sobre su aplicación adecuada era insuficiente. En cambio, hoy día, el aluminio ofrece una opción duradera y libre de mantenimiento para estructuras de construcción y por lo que está ganando más aceptación. Se utiliza cuando los arquitectos y contratistas consideran no solo la inversión inicial sino el Costo Total de Propiedad (TCO - "Total Cost of Ownership", por sus siglas en inglés) de la estructura, ya que en la mayoría de los casos el aluminio evita completamente reparaciones y mantenimientos costosos, pintura protectora, etc., y al final de la vida útil de la estructura ofrece un alto valor cuando se recicla. MAADI Group realizó un estudio extenso sobre TCO de puentes, que se publica en su sitio web en: *https://maadigroup.com/en/news/total-cost-of-ownership-study-examines-aluminum-vs-steel.* Cuanto más corrosivo es un entorno, más atractiva se vuelve la solución de aluminio en comparación con el acero.

¿Por qué aluminio para puentes?

El aluminio tiene grandes atributos y ventajas que lo hacen atractivo para muchas aplicaciones, incluidos los puentes vehiculares y peatones o pasos superiores. Tiene una alta relación resistencia / peso, lo que hace que sus productos sean muy ligeros. Si bien esto es una ventaja obvia (o un requisito) para un avión o un automóvil, en el caso de un puente esta ventaja está ayudando mucho para el transporte, manipulación e instalación de la estructura, y reduce el peso muerto del tablero del puente permitiendo que cargas más altas pasen sobre él. El aluminio es muy resistente; con su fuerza y flexibilidad, puede flexionarse bajo cargas y librarse fácilmente de un impacto. Otra ventaja del aluminio son sus propiedades criogénicas - que no pierde ductilidad en temperaturas frías (como la mayoría de los otros materiales), pero sí se vuelve más resistente, por lo que es un material ideal para climas fríos. Es muy maleable, se puede procesar en distintas formas ideales para cada aplicación, proporcionando una excelente rigidez y absorción de energía. El proceso de extrusión, por ejemplo, permite la producción de formas complejas de aluminio sin soldaduras (de una sola pieza) que son fuertes, rígidas, menos propensas a la filtración o aflojamiento con el tiempo, por lo que típicamente aumentan la vida útil de una estructura (como un puente) y reducen los costos de instalación. Las extrusiones pueden integrar múltiples características y funciones e incluir secciones huecas (para minimizar el peso y maximizar la rigidez). El aluminio se puede unir fácilmente, también con otros materiales (si se toman las medidas adecuadas para evitar la corrosión galvánica, un problema del pasado cuando se carecía de conocimientos técnicos). Para cualquier estructura al aire libre, el mayor valor del aluminio es normalmente su durabilidad. Forma rápidamente en su superficie una capa de óxido protector invisible que le confiere una excelente resistencia a la corrosión. Por lo tanto, y a diferencia del acero, el aluminio no requiere pintura u otro recubrimiento protector (a menos que sea por razones puramente estéticas), lo que significa que no se requiere volver a pintar en su vida útil (se estima que las estructuras MAADI duran al menos 100 años). No obstante, si se desea, el aluminio puede recubrirse fácilmente con varias técnicas comunes como pintura, recubrimiento en polvo, anodizado o galvanoplastia, lo que confiere a las estructuras de aluminio grandes valores estéticos. Para una estructura (como para cualquier otra cosa), la reciclabilidad del aluminio y su muy alto valor de desecho son factores importantes que a menudo se olvidan al tomar una decisión de inversión inicial. Además, el hecho de que una gran parte de las piezas de aluminio (como las extrusiones para puentes) tienen un alto contenido reciclado, esto le proporciona una baja huella de carbono.

Las primeras estructuras de puentes de aluminio de los años 1930 a 1960 se hicieron con aleaciones de Al-Cu (serie 2000), que eran fuertes, pero difíciles de extrudir en formas complejas. También eran propensas a problemas de corrosión. La introducción de las aleaciones Al-Si-Mg

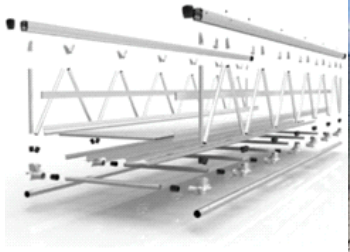
(serie 6000) facilitó mucho la extrusión de vigas grandes y largas con secciones transversales huecas complejas, y son mucho más resistentes a la corrosión. Las aleaciones 6063 (genérico) y 6061/6082 (para mayor resistencia) se establecieron como aleaciones estándar para la mayoría de las aplicaciones y ahora son los caballos de batalla de la industria de la extrusión. Los puentes (y otras estructuras) más recientes en todo el mundo se han fabricado con estas aleaciones. Como los diseños actuales están principalmente limitados por la rigidez y la fatiga y tanto el módulo elástico como la resistencia a la fatiga de las aleaciones de la serie 6000 son similares, la mayoría de los puentes utilizan las aleaciones estándar 6063/6061/6082 en temple T6.

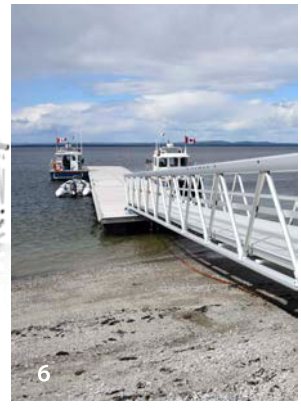
Algunos ejemplos de puentes de aluminio:

Usando estas aleaciones y la última tecnología y diseño, MAADI Group ofrece por ejemplo el nuevo GuarDECK™ (patente pendiente), una solución de tablero de puente (de nueva construcción o reacondicionamiento sobre vigas de hormigón, acero o madera) de aluminio ligero para una instalación fácil y muy rápida (generalmente en un solo día), sin soldaduras - con conexiones puramente mecánicas *(https://maadigroup.com/en/products/weld-free-bridge-decking)*. Es un diseño para la construcción acelerada de puentes (ABC - Accelerated Bridge Construction), ideal para peatones y vehículos de hasta 15 toneladas (puentes viales o móviles, puentes temporales / militares, estructuras marítimas y tableros o plataformas de construcción), lo que minimiza las interrupciones del tráfico y el costoso control del tráfico. Ofrece todas las ventajas descritas anteriormente del aluminio y nervaduras integradas en el tablero para proporcionar una superficie antideslizante con acabado de fresado.

Fotos 1 a 3: El tablero GuarDECK™ de puente en aluminio con barandillas, esquema y ejemplos https://maadigroup.com/upload/documents/MAADI_Group_Light_Metal_Age_August_2019_article.pdf

Otro ejemplo de un puente peatonal muy popular es el sistema "MakeABridge™": es un sistema económico, fácil de instalar y modular (estilo IKEA® – utilizando componentes estándares) para puentes hasta 17m de usos múltiples (de nueva construcción o reacondicionamiento, temporal o permanente, interior y exterior, uso terrestre y marítimo). Utiliza componentes de extrusión de aluminio entrelazados (conectando de lado a lado para formar secciones de celosía continuas en todo el tramo) para construir un puente peatonal estructuralmente fuerte con diseño patentado de componentes pre-fabricados sin soldadura (lo que aumenta el límite elástico del aluminio y elimina las zonas afectadas térmicamente (por soldaduras, y que permite producir una estructura completamente anodizada que garantiza máxima resistencia a la corrosión para toda su vida). Permite una instalación típicamente 8 a 10 veces más rápida que otros puentes tradicionales (con soldaduras).





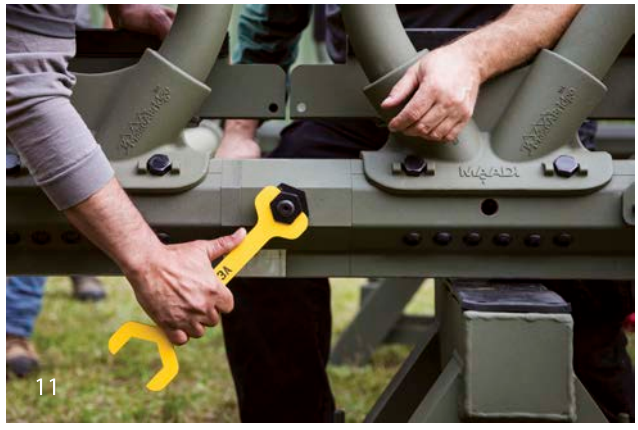
Fotos 4-6: El sistema MakeABridge™ de MAADI con ejemplo de instalación en un parque y en una marina

En un reciente artículo en la revista "Canadian Consulting Engineer" se comparan dos puentes peatonales cerca de Montreal (Canadá), uno de acero y el otro de aluminio: *https://www.canadianconsultingengineer.com/features/aluminums-advantages-for-bridges/*

Foto 7 y 8: "Puente de la marina", Verdun (QC) en aluminio y "Puente Marigot", Longueuil (QC) en acero

El puente de aluminio tuvo un costo inicial más elevado que el puente de acero, pero no ha necesitado ningún mantenimiento (sólo quitar unos grafitis). El puente de acero requiere un mantenimiento regular, y en los últimos 10 años causó 2 mantenimientos (en 2014 y 2019), el costo del último representó alrededor del 40% del precio de un nuevo puente en aluminio! Esto demuestra fácilmente que el aluminio en un puente se rentabiliza dentro de poco tiempo y ofrece una alternativa estética a muy largo plazo.

Otro ejemplo de un puente que solamente era posible de realizar en aluminio es el puente LVTB (Light Vehicle Tactical Bridge), también nominado "Bridge in a Box" (Puente en un contenedor). Es exactamente lo que el nombre implica: un puente (de uso militar y de emergencias) de 80pies (24m) de largo (6 módulos de 4m cada uno, permitiendo diferentes configuraciones) que cabe exactamente en un contenedor estándar de 20 pies (6m) y que pesa solamente 4800kg (9090kg con equipamiento de instalación e incluyendo el contenedor) - lo que es el peso máximo permitiendo el transporte por helicóptero. Similar a los otros puentes mencionados, este puente consiste principalmente de extrusiones (en 6061-T6 y algunos de 6005A-T61) y piezas coladas (en A357-T6) o mecanizadas que los unen - sin ninguna soldadura - con solamente 28 tornillos, un equipo de 10 personas la puede instalar de un solo lado del obstáculo dentro de pocas horas y sin maquinaria adicional.



Fotos 9, 10 y 11: El puente en un contenedor para aplicaciones militares y de emergencia https://maadigroup.com/upload/documents/Light-Metal-Age_APR_2021_MAADI-Group.pdf

Como demostramos en estos ejemplos, los puentes de aluminio ofrecen un gran valor a largo plazo y un producto estético con muy poco o ningún mantenimiento requerido durante toda su vida útil. Son adecuados incluso para los entornos más desafiantes. Permiten un transporte, manipulación e instalación fáciles y rápidos con mínima interrupción del tráfico. Si se comparan los costos totales las soluciones de aluminio resultan mucho más económicas que conceptos típicos de acero y hormigón, y con su alta reciclabilidad y contenido reciclado el aluminio ofrece una solución muy sostenible.